

исследовании данного процесса была выявлена экстремальная зависимость располагаемой теплоты от температуры нагрева и плавления лома газокислородным источником. Результаты приводятся в таблице.

Зависимость располагаемой теплоты Q_p от температуры T

$T, ^\circ\text{C}$	600	700	800	900	1000	1100
$Q_p, \text{кДж/м}^3$	8732,4	9309,8	9808,3	10140,5	10373,4	10515,9
$T, ^\circ\text{C}$	1200	1300	1400	1500	1600	
$Q_p, \text{кДж/м}^3$	10323,8	10133,2	9741,9	9155,2	8571,7	

При помощи табличных данных можно увидеть изменения Q_p по мере увеличения средней массовой температуры металла для безокислительного нагрева и найти максимальную температуру, при которой располагаемая теплота достигает своего максимального значения, при $T = 1093 ^\circ\text{C}$ и $Q_p = 10516 \text{ кДж/кг}$. Затем располагаемая теплота начинает падать, так как физическое тепло уходящих газов превышает тепло химической реакции окисления. Это позволяет получить минимальный расход топлива на нагрев и плавление металла, и максимальный выход годного металла. Таким образом, возможно достижение большого энергосберегающего эффекта.

Библиографический список

1. Вегман Е.Ф. Краткий справочник доменщика / Е.Ф. Вегман. М: Металлургия, 1981. 240 с.
2. Копытов В.Ф. Нагрев стали в печах / В.Ф. Копытов. М: Металлургиздат, 1955. 264 с.
3. Карп И.Н. Продукты сгорания природного газа при высоких температурах / И.Н. Карп, Б.С. Сорока, Л.Н. Душевский. Киев: Техника, 1967. 380 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООТДАЧИ В ТРУБЕ, СНАБЖЕННОЙ ТУРБУЛИЗУЮЩЕЙ ВСТАВКОЙ

Вовненко Н.Э., Морданов С.В., Никулин В.А.,

Пецура С.С., Сыромятников С.Н.

УрФУ,

Путилин Ю.В.

Уральский государственный лесотехнический университет

При конструировании большинства теплообменных аппаратов стоит задача: выдержать заданные значения по количеству передаваемой теплоты, гидравлическому сопротивлению, и при этом, сделать его как можно более компактным и легким. Выполнить эти противоречивые требования, возможно только путем интенсификации теплообмена. Существует множество способов интенсификации теплообмена. Одним из эффективных способов решения вышеуказанных обстоятельств является использование различных турбулизаторов [1].

Одной из конструкций положительно зарекомендовавшей себя в практике нагрева или охлаждения вязких жидкостей является турбулизующая вставка *Hitran* фирмы *Cal Gavin Limited*. Схема турбулизатора *Hitran* взята с сайта www.calgavin.com и приведена на рис. 1.

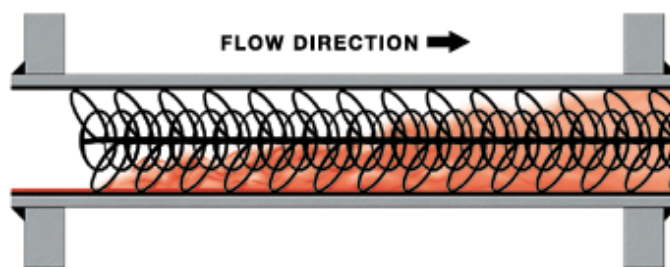


Рис. 1. Схема турбулизатора *Hitran*

Турбулизатор, представленный на рис. 1, представляет собой систему переплетенных колец и закрепленных на общей оси. Такой турбулизатор весьма прост в обращении. Его легко вытащить из трубки, а также установить, что немаловажно при чистке трубок теплообменника и турбулизаторов. Сами переплетенные кольца за счет своей упругости плотно прижимаются к стенкам трубки. В результате чего существует хороший тепловой контакт турбулизатора со стенкой трубы. Однако, несмотря на длительное (более 20 лет) использование таких конструкций турбулизаторов в технике, нет четкого представления - за счет чего получаются высокие коэффициенты теплообмена и как их можно рассчитать, что сдерживает их широкое применение.

В связи с изложенным, была проведена работа по экспериментальному определению коэффициентов теплоотдачи для потока жидкости нормальной вязкости при течении в гладкой трубе и трубе, снабженной турбулизующей вставкой *Hitran*. Целью работы являлось получение данных для оценки эффективности вставок для жидкостей нормальной вязкости, а также для последующей отладки численных методов расчета коэффициентов теплоотдачи.

В основе экспериментальной установки лежит опытный элемент. Он представляет собой вертикально установленный единичный элемент кожухотрубчатого теплообменника и состоит из двух коаксиальных труб (рис. 2). По внутренней трубке поступает орошающая жидкость, а по наружной в противоток орошающей – греющая жидкость. Поскольку в качестве рабочей жидкости выступала вода, то здесь и далее все теплофизические параметры и полученные результаты относятся к воде.

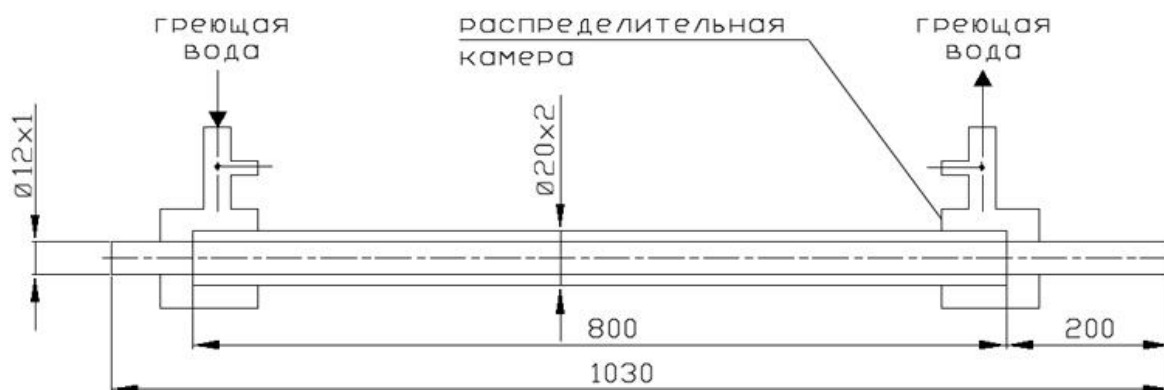


Рис. 2. Опытный элемент

Для корректных определений тепловых потоков весь опытный элемент, включая камеры, был теплоизолирован.

Сначала эксперименты проводили без турбулизующей вставки, затем в трубе опытного элемента против потока устанавливалась турбулизующая вставка, и в последней серии опытов вставка в трубе устанавливалась по потоку.

Результаты экспериментов представлены на рис. 3. Как следует из анализа результатов эксперимента, наличие турбулентных вставок приводит к увеличению коэффициента теплоотдачи, примерно, в 3 раза. Ориентация турбулентной вставки по потоку и против потока тоже имеет значение. Для ориентации турбулентной вставки по потоку, зависимость коэффициента теплоотдачи описывается скорее ярко выраженной степенной зависимостью, чем линейной. В то время как в остальных случаях, эта зависимость носит слабо степенной почти линейный характер. Причина особого характера поведения коэффициента теплоотдачи для случая ориентации турбулизующей вставки по потоку на сегодняшний момент не совсем понятна и требует дополнительного анализа.

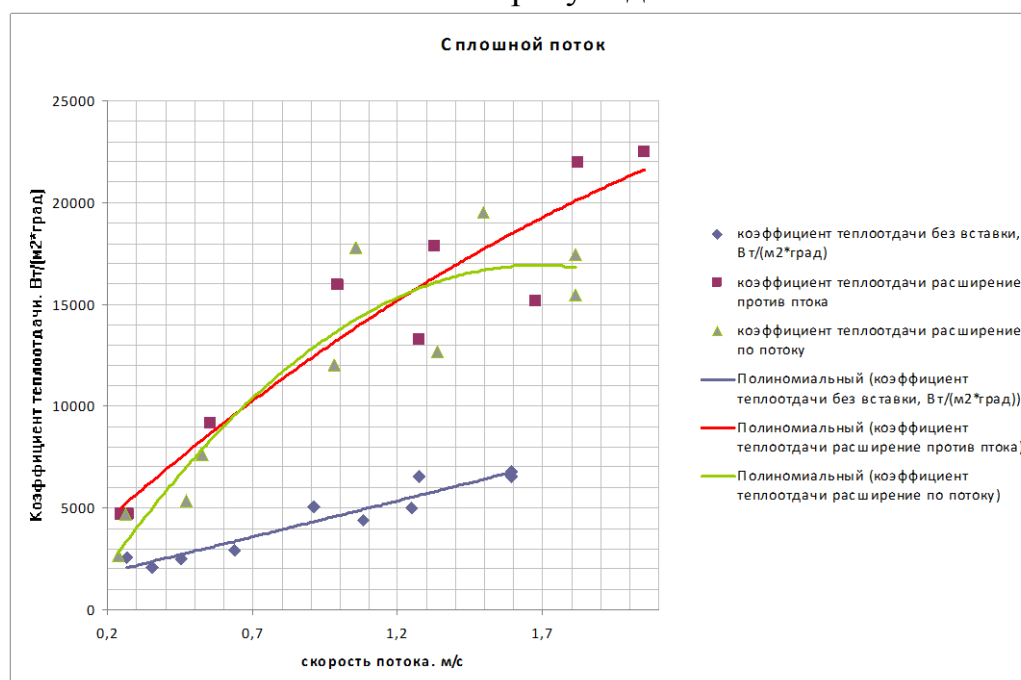


Рис. 3. Коэффициенты теплоотдачи при сплошном режиме орошения

В заключении хотелось бы сказать, что в результате проведенных экспериментов были впервые получены коэффициенты теплоотдачи для сплошного режима орошения при наличии в теплообменной трубке турбулизующей вставки *Hitran*. За счет вставки величина коэффициента теплоотдачи увеличилась в 3 раза.

В целом экспериментальная установка позволяет проводить аналогичные исследования с другими турбулизующими вставками.

Существующие экспериментальные данные позволят отладить расчетные модели и на их основе оптимизировать параметры турбулизующих вставок.

Библиографический список

1. Щербаченко И.К. Экспериментальное исследование влияния геометрической формы кольцевых турбулизаторов на интенсификацию теплообмена в трубах: дисс. ... канд. техн. наук: 01.04.14 / Щербаченко Иван Константинович. М., 2003. 174 с.

ВЫБОР ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА ОЧИСТКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ОТ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ

*Ворошилова Е.Н., Белоусова О.А., Павлович О.Н.
УрФУ*

Одной из проблем транспортировки природного газа является коррозия трубопроводов, вызываемая наличием сернистых соединений в газе – сероводорода и меркаптанов. Важной задачей является очистка природного газа от сернистых соединений до норм, установленных ОСТ – сероводорода (не более $0,02 \text{ г/м}^3$) и меркаптанов (не более $0,036 \text{ г/м}^3$). Рассмотрим в качестве примера состав природного газа Оренбургского месторождения (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика природного газа Оренбургского месторождения

Компонент	Содержание, % об.
Метан	87,83
Этан	2,2
Пропан	0,8
Бутан	0,22
Пентан + высшие углеводороды	0,15
Оксид углерода (IV)	0,2
Азот	1,1
Сероводород	5
Вода	2,5

Основную часть природного газа составляют метан и этан, они и обеспечивают основную теплоту сгорания при использовании газа в качестве топлива. Примеси тяжелых углеводородов в транспортируемом газе нежелательны, но тяжелые углеводороды являются ценными соединениями, их отделяют до транспортировки и используют для других целей. Содержание инертных компонентов (азота и оксида углерода (IV)), снижающих общую теплоту сгорания газа, невысоко, поэтому не требуется отделения их от основной массы газа.